

KARAKTERISTIK SISTEM KENDALI ON-OFF SUHU CAIRAN BERBASIS MIKROKONTROLER AT90S8535

Muchlas, Nuryono Satya Widodo, Wisnu Wulur

Program Studi Teknik Elektro, universitas Ahmad Dahlan,
Kampus III UAD Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Umbulharjo, Yogyakarta
Telp 0274-379418, 381523, Fax 0274-381523

Email: muchlas@lycos.com, wiweet@yahoo.com, wisnu_celebes@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan mikrokontroler sebagai bagian dari suatu sistem pengendalian dan pengukuran merupakan suatu alternatif yang menarik untuk dikembangkan. Dengan semakin tersedianya mikrokontroler yang memiliki berbagai fasilitas seperti saluran ADC dan sarana komunikasi yang menyatu dalam satu chip tunggal dengan prosesor utamanya, maka peluang merancang sendiri peralatan pengendalian dan pengukuran untuk berbagai eksperimen menjadi sangat terbuka. Tujuan penelitian adalah merancang dan menguji alat pengendali suhu cairan dengan menggunakan mikrokontroler AT90S8535.

Pada penelitian ini dirancang suatu alat pengendali suhu cairan yang bisa dipertahankan nilainya sesuai dengan nilai yang diinginkan. Perancangan sistem kendali suhu cairan yang dibuat meliputi dua bagian utama yaitu bagian perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi mikrokontroler AT90S8535 sebagai pusat kendali, relai solid state (SSR) dan relai mekanik sebagai komponen penyaklaran, 2 tombol tekan sebagai pengatur set-point suhu, serta pemanas dan pendingin yang berisi cairan sebagai plant yang dikendalikan. Pengambilan data dilakukan dengan cara pertama, mengambil data hasil perbandingan suhu yang terukur oleh alat kendali dengan termometer analog dimana alat kendali diperlakukan sebagai termometer digital. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik pembacaan/pengukuran suhu dari alat kendali. Kedua, pengambilan data dilakukan dengan membandingkan masukan set-point suhu dengan kendali on-off terhadap perubahan waktu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengendalian dari alat kendali.

Hasil yang didapatkan adalah alat ini bisa mengendalikan dan mengukur suhu berkisar $27^{\circ}\text{C} - 99^{\circ}\text{C}$ dengan delta pengendalian terkecil sebesar 1°C . Dengan adanya tampilan digital pada LCD (Liquid Crystal Display) dan pengukuran suhu dalam satuan derajat Celcius dan Fahrenheit, maka alat ini dapat pula dimanfaatkan sebagai termometer digital.

Kata kunci : Mikrokontroler, Relai solid state (SSR), Relai mekanik, Liquid crystal display (LCD) dan Plant.

1. PENDAHULUAN

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kontrol otomatis menjadi bagian yang penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik, laboratorium dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis perlu sekali dalam kontrol operasi-operasi di industri manufaktur seperti; untuk mengontrol tekanan, kecepatan suhu dan aliran dalam proses [5].

Seiring dengan adanya aktivitas pengontrolan tersebut maka dibutuhkan berbagai macam piranti instrumenasi. Dengan berkembangnya teknologi maka semakin beraneka ragam piranti-piranti instrumentasi dibuat untuk satu macam objek pengontrolan, dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Di sisi lain metode pengontrolan pun mengalami perkembangan yang pesat pula.

Suhu sebagai salah satu faktor penting dalam berbagai gejala fisika dan kimia, merupakan fenomena yang penting untuk diamati. Analisis proses kimia dan termodinamika yang berkaitan dengan perpindahan kalor dan energi sangat erat hubungannya dengan perubahan suhu yang ditimbulkannya [4].

Dengan demikian pengendalian dan pengukuran suhu menjadi hal yang penting dalam proses analisis di laboratorium. Dalam bidang industri pengendalian dan pengukuran suhu memegang peranan penting dalam proses produksi. Aktivitas pengendalian dan pengukuran suhu juga telah menjadi bagian dari kegiatan kehidupan sehari-hari, antara lain untuk mengontrol suhu ruangan, mengontrol suhu inkubator, mengontrol suhu tanaman kultur jaringan dan untuk mengontrol suhu suatu *plant*.

Berbagai macam piranti dibuat untuk mengontrol dan mengamati besaran suhu ini, dari yang sederhana hingga yang kompleks. Misalnya, dalam mengukur suhu tidak dapat hanya mengandalkan panca indra dan atau termometer air raksa. Contoh lainnya adalah pada sistem pengaturan suhu air yang masih menggunakan sistem kendali konvensional dengan mengandalkan tenaga dan indra manusia yang terbatas sehingga ketelitian dan pengendalian tersebut menjadi kurang cermat.

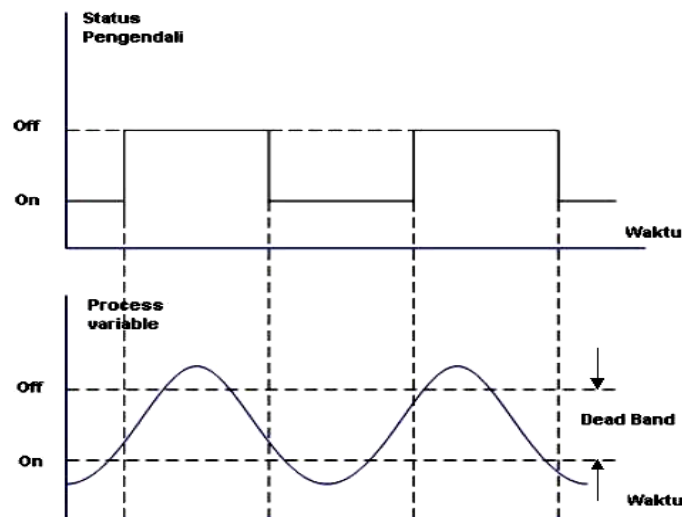
Saat ini sistem pengendalian dan pengukuran yang dipandu dan dikendalikan dengan PC (*Personal computer*) telah merupakan hal yang sangat lazim. Berbagai perusahaan pembuat alat kendali maupun alat ukur biasanya menawarkan fasilitas kontrol dan akuisisi data sebagai tambahan/opsional dari suatu alat ukur atau kendali dengan harga yang cukup tinggi.

Dalam dunia elektronika saat ini sedang populer penggunaan mikrokontroler dalam semua desain. Mikrokontroler mempunyai berbagai kelebihan dibandingkan mikroprosesor dalam aplikasi-aplikasi karena ukurannya yang kecil dan berbagai piranti yang *built-in* di dalamnya (memori, I/O, dan CPU). Karenanya penggunaan mikrokontroler sebagai suatu sistem pengendalian dan pengukuran suhu merupakan suatu alternatif yang menarik untuk dikembangkan. Dengan semakin mudahnya mikrokontroler diperoleh dan dengan berbagai fasilitas yang disediakan seperti saluran konverter analog ke digital dan sarana komunikasi yang menyatu dalam suatu chip tunggal dengan prosesor utamanya, maka peluang untuk membuat sendiri piranti pengendalian dan pengukuran untuk berbagai eksperimen menjadi sangat terbuka.

2. DASAR TEORI

2.1 Sistem Kendali On-Off

Dalam sistem kendali *on-off*, elemen pembangkit hanya mempunyai dua keadaan yaitu *on* dan *off*. Karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendalian kendali *on-off* akan menyebabkan *process variable* yang bergelombang seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



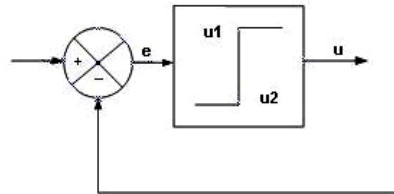
Gambar 1. Kerja Kendali On-Off dengan Dead Band.

Misal sinyal keluaran kontroler adalah $u(t)$ dan sinyal pembangkit kesalahan (*dead band*) adalah $e(t)$. Pada kendali *on-off*, sinyal $u(t)$ akan tetap pada salah satu nilai maksimum atau minimum tergantung pada sinyal pembangkit kesalahan positif atau negatif sedemikian rupa sehingga :

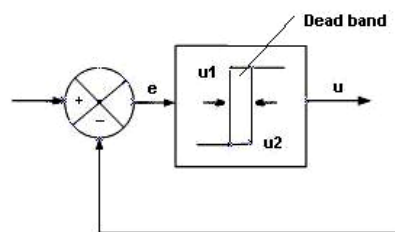
$$u(t) = u_1 \quad \text{untuk } e(t) > 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$u(t) = u_2 \quad \text{untuk } e(t) < 0 \dots\dots\dots (2)$$

dimana u_1 dan u_2 adalah konstan. Harga minimum u_2 biasanya nol atau $-u_1$.

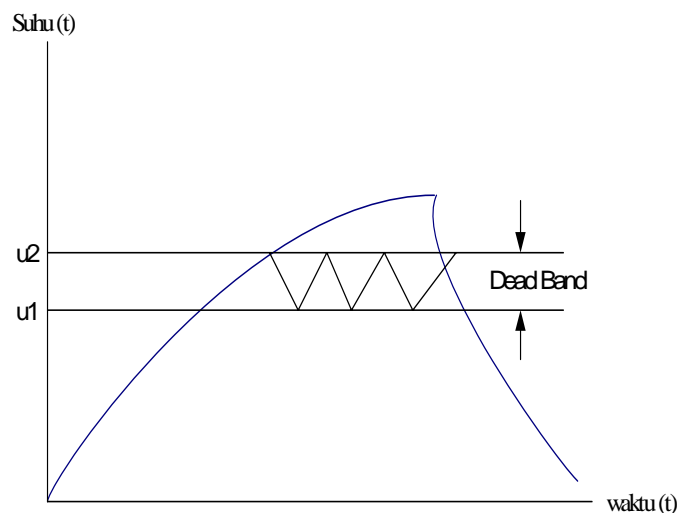


Gambar 2(a). Diagram Blok Kendali *on-off*



Gambar 2(b). Diagram Blok Kendali *on-off* dengan *Dead band*

Gambar 2(a) dan 2(b) menunjukkan diagram blok kendali *on-off*. Daerah dengan sinyal pembangkit kesalahan yang digerakkan sebelum terjadi *switching* disebut *dead band*. *Dead band* ditunjukkan pada gambar 2(b). *Dead band* ini menyebabkan keluaran kendali $u(t)$ tetap pada nilai awal sampai sinyal pembangkit kesalahan bergerak mendekati nilai nol. Dalam beberapa hal *dead band* terjadi sebagai akibat adanya penghalang yang tidak diinginkan dan gerakan yang hilang, sering juga hal ini dimaksudkan untuk mencegah operasi yang berulang-ulang dari mekanisme *on-off*.



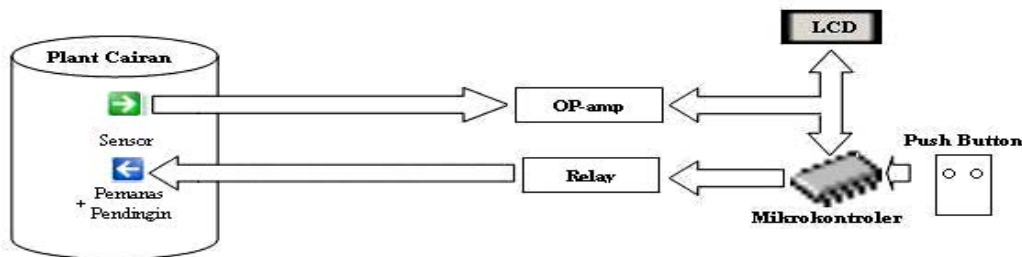
Gambar 3. Kurva suhu (t) terhadap Waktu (t) Sistem Kendali *on-off*.

Kerja kendali *on-off*, seringkali di dapat dengan memanfaatkan *dead band* atau suatu *process switch*. Contoh pengendalian *on-off* yang paling mudah ditemui adalah pengendalian suhu pada setrika atau pompa air listrik otomatis. Kedua alat ini bekerja secara *on-off* dengan memanfaatkan *adjustable dead band* yang ada pada *temperature switch* dan *pressure switch*.

Sistem kendali *on-off* relatif sederhana dan tidak mahal dan dalam hal ini sangat banyak digunakan dalam sistem kendali industri maupun domestik. Dengan alasan ini pula menjadikan penelitian ini memanfaatkan sistem kendali *on-off*.

2.2 Perancangan

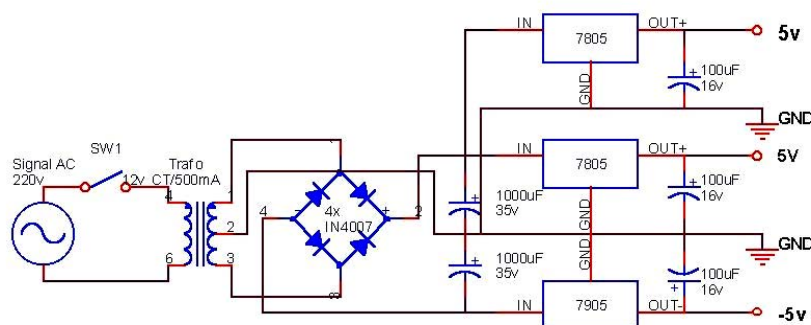
Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya khususnya termometer digital dimana sistem tidak hanya mendeteksi suhu saja melainkan juga menjaga agar suhu dapat dipertahankan pada nilai yang diinginkan.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

a. Catu Daya

Catu daya sebagai sumber energi listrik dalam suatu sistem perancangan elektronis memegang peranan yang sangat penting. Dalam memperoleh rancangan sistem elektronis yang optimal diperlukan suatu parameter kualitas catu daya yang meliputi: regulasi tegangan, nisbah penyearah, faktor riak dan faktor guna transformator.

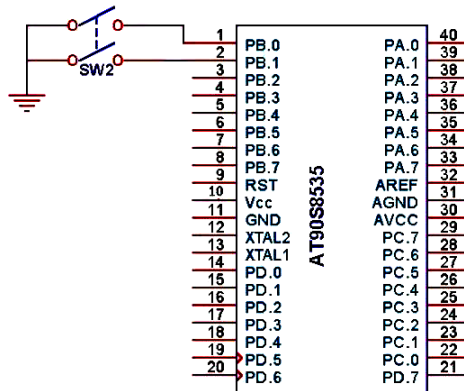


Gambar 5. Catu Daya

Dalam perancangan ini, catu daya yang dipakai memanfaatkan CT (*Center Tap*) dengan tegangan masukan V_i rms sebesar 220V dan tegangan keluaran V_o rms sebesar 5V dan -5V. Penyearah yang digunakan adalah penyearah gelombang penuh dengan empat buah dioda 1N4007, perata yang digunakan adalah kapasitor elektrolit 1000 μ F/35V dan 100 μ F/16V. Pada catu daya diperlukan dua buah regulator 5V dan sebuah regulator -5V yaitu IC LM7805 dan LM7905. Regulator catu daya untuk mikrokontroler dibuat tersendiri, hal ini karena *Chip* mikrokontroler AT90S8535 sangat sensitif terhadap perubahan tegangan.

b. Port masukan *Push Button* ke Mikrokontroler AT90S8535

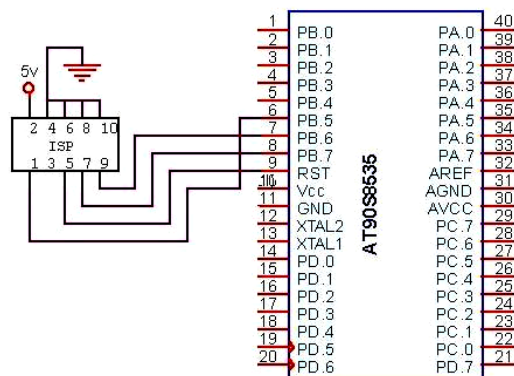
Koneksi atau hubungan masukan rangkaian yaitu berupa tombol yang terhubung pada PB.0 dan PB.1. Tombol yang digunakan adalah jenis tombol tekan (*push-button*) yang dihubungkan ke-ground seperti yang terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan tombol dengan Mikrokontroler AT90S8535

c. Port penulisan program ke AT90S8535

Bagian ini disebut sebagai *port AVR In System Programming*, dirancang untuk mengisi memori program AT90S8535. Proses pengisian memori program terjadi sebagai berikut, dalam keadaan catu daya (V_{cc}) terpasang, kaki *RESET* dan kaki *SCK* (*Serial Clock*) pada mikrokontroler di nol-kan, sekitar 20 mili detik kemudian melalui *MOSI* (*Master Out Slave In*) dikirim ke mikrokontroler kode 0ACh, 053h, 0xxh untuk mengaktifkan fasilitas *In System Programming*, mikrokontroler akan menjawab dengan kode 035h yang dikirim melalui *MISO* (*Master In Slave Out*). Setelah itu mikrokontroler siap menerima kiriman perintah-perintah berikutnya untuk melakukan pengisian memori program maupun EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) didalam *chip* mikrokontroler.



Gambar 7. Port AVR In System Programming

d. Port masukan transduser suhu ke mikrokontroler AT90S8535

Pada port PA.0 dan PA.1 (fungsi ADC0 dan ADC1) digunakan untuk masukan sinyal listrik dari sensor suhu dan dikonversikan oleh ADC ke dalam bentuk besaran suhu seperti yang terlihat pada gambar 9. Penguat yang dibentuk pada transduser ini adalah penguat penyangga atau disebut pengikut tegangan. Tegangan masukan E_i dari sensor suhu LM35 diterapkan langsung ke masukan (+) nya. Karena tegangan antara pasak (+) dari Op-Amp ini dapat dianggap 0, maka

$$V_o = E_i \dots\dots\dots (3)$$

Gambar 10 Hubungan antara LCD M1632 dengan mikrokontroler AT90S8535

Pada LCD M1632 terdapat 8 *Data line* yang merupakan jalur data (*parallel*) yang nantinya digunakan sebagai lalu lintas perpindahan data yang memerintahkan LCD untuk melakukan sesuatu (Menampilkan atau menghapus karakter). Pada perancangan ini hanya digunakan 4 jalur data (DB4-DB7) dan 3 jalur kontrol terdiri dari EN (*Enable*), RS (*Register Select*) dan R/W (*Read/Write*), yaitu:

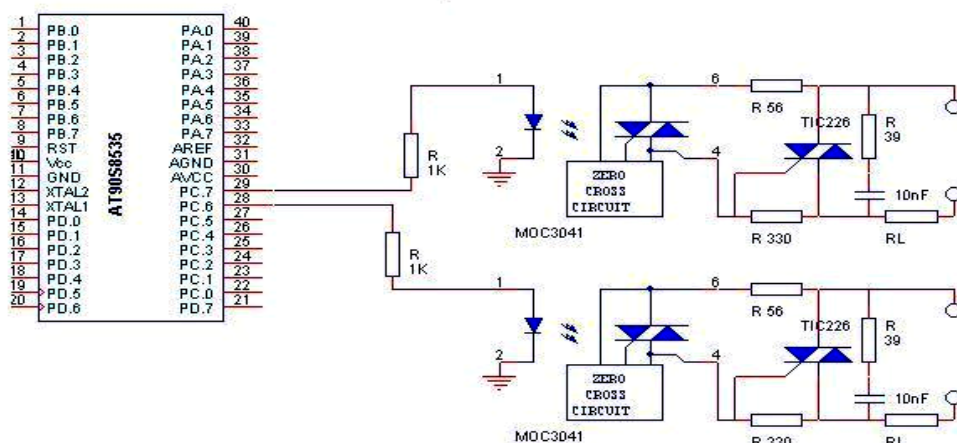
EN, berfungsi memberitahukan LCD bahwa data akan dikirimkan, sehingga jika akan menampilkan karakter, maka harus meng-“Hi”-kan pin ini.

RS, berfungsi memberitahukan bahwa data yang dikirimkan merupakan *command* (*clear screen, blink cursor, pindah posisi, dan lain-lain*) atau teks data yang akan ditampilkan karakter ‘A’, ‘B’, ‘;’, dan lain-lain. Pin ini harus dibuat “low” jika diperlakukan sebagai *command* dan “hi” jika diperlakukan sebagai teks data.

R/W, jika “low” maka data yang ada pada bus data ditulis (“write”) pada LCD. Dan jika “hi” maka *bus data* akan disediakan untuk “read/membaca” LCD.

f. Port hubungan relai ke mikrokontroler AT90S8535

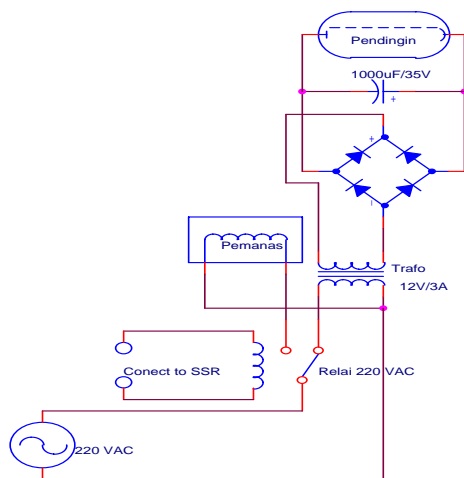
PC.6 dan PC.7 digunakan sebagai penghubung *actuator* pensaklaran tegangan 220V oleh relai guna mengendalikan pemanas dan pendingin.



Gambar 11. Hubungan antara relai dengan mikrokontroler AT90S8535

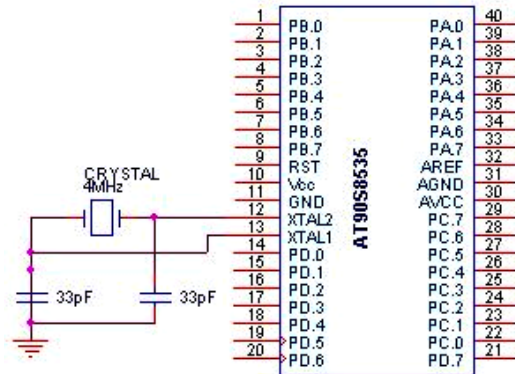
g. Plant cairan

Plant cairan ini terdiri dari pendingin dan pemanas yang nantinya akan dikendalikan secara *on-off* untuk mempertahankan suhu air didalamnya. Rangkaian dari *plant* ini adalah sebagai berikut :

Gambar 12. *Plant* Cairan

h. Siklus mesin

Siklus mesin digunakan untuk menentukan kecepatan operasi pada mikrokontroler. Siklus mesin ini dibentuk oleh rangkaian pembangkit pulsa dengan menggunakan osilator kristal sebagai pembangkit osilasi. Pin/kaki yang digunakan untuk pewaktuan adalah pin 12 (XTAL2) dan pin 13 (XTAL1) pada chip mikrokontroler AT90S8535 seperti yang diperlihatkan pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 13. Rangkaian osilator AT90S8535

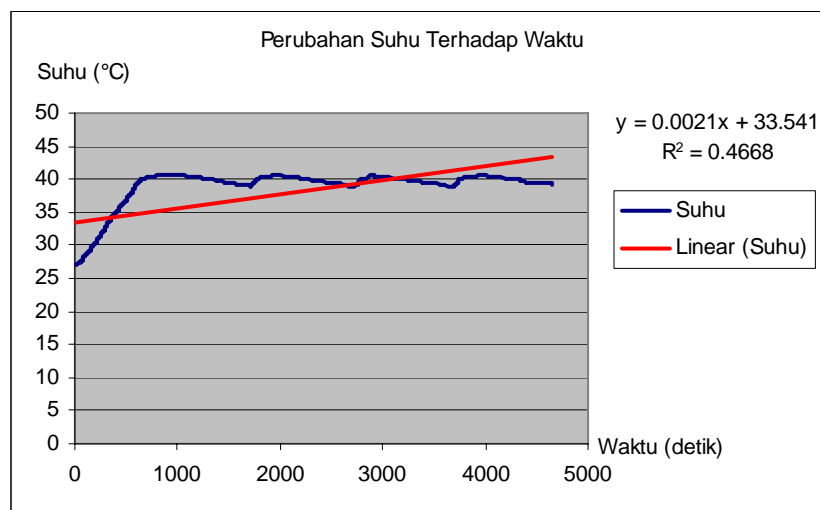
osilator yang digunakan adalah osilator kristal dengan frekuensi 4 Mhz dan kapasitor 33 pF.

$$\text{Waktu siklus mesin} = \frac{1}{\text{frekuensiXTAL}} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan demikian jika frekuensi XTAL= 4 Mhz, maka waktu siklus mesin yang diperoleh = 0,25 μ S. Berikut ini adalah gambar seluruh rangkaian sistem kendali suhu cairan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan dengan membandingkan masukan *set-point* suhu dengan kendali *on-off* terhadap perubahan waktu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengendalian dari alat kendali. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada gambar 14, 15 dan 16. Misalnya pengaturan suhu antara 39°C (batas bawah) sampai dengan 40°C (batas atas). Dari pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan diperoleh bentuk grafik karakteristik kendali suhu cairan sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik karakteristik kendali suhu cairan terhadap perubahan waktu dengan limit 39°C sampai dengan 40°C.

Pada gambar diatas pengendalian suhu dimulai dari 27°C dan akan dipertahankan pada batas 39°C sampai dengan 40°C. Dari nilai suhu 27°C ini pemanas akan “on” terus hingga mencapai nilai batas atas 40°C dan “off” ketika nilai suhu lebih dari 40°C. Pada keadaan pemanas “off” ini maka pendingin akan “on”. Pendingin akan “off” ketika mencapai nilai suhu kurang dari 39°C dan menjadikan pemanas “on” kembali, demikian seterusnya sehingga suhu akan dipertahankan pada batas 39°C sampai dengan 40°C. Pada pengambilan data dengan teknik kedua ini ketika suhu mencapai lebih dari 40°C dimana pemanas telah dalam keadaan “off” dan pendingin dalam keadaan “on”, suhu air tetap naik hingga mencapai $\pm 40,6^\circ\text{C}$. Hal ini terjadi karena proses sirkulasi air yang tidak merata dan proses pendinginan yang sangat lambat. Dengan adanya proses sirkulasi air yang tidak merata dan proses pendinginan yang sangat lambat ini menyebabkan kurva suhu terhadap waktu menunjukkan *overshoot* sebesar $0,8^\circ\text{C}$ dan *undershoot* sebesar $0,6^\circ\text{C}$ yang terus beresilasi. Nilai *overshoot* dan *undershoot* diperoleh dari persamaan 6 dan 7 berikut.

$$OS = A - UL \dots\dots\dots (6)$$

dan,

$$US = B - UL \dots\dots\dots (7)$$

dimana,

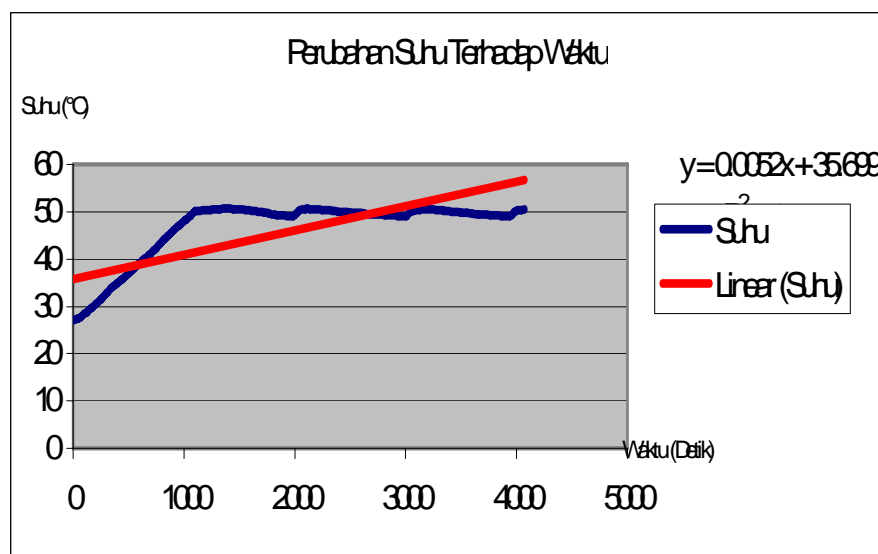
OS = *Overshoot*

US = *Undershoot*

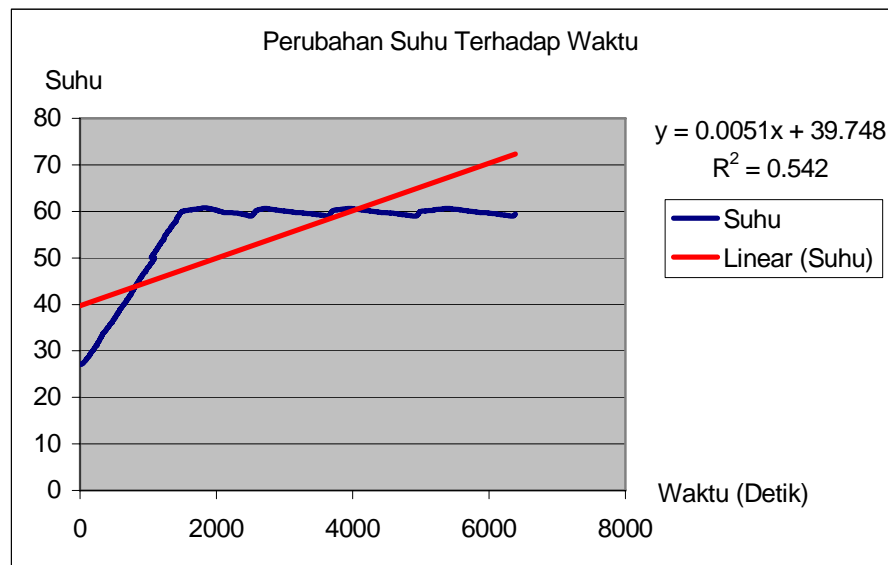
A = *Amplitudo* tertinggi suhu terukur setelah mencapai nilai *set-point* batas atas.

B = *Amplitudo* terendah suhu terukur setelah mencapai nilai *set-point* batas atas.

Berikut ini adalah gambar grafik karakteristik kendali suhu cairan terhadap perubahan waktu dengan limit 49°C sampai dengan 50°C dan 59°C sampai dengan 60°C.



Gambar 14. Grafik karakteristik kendali suhu cairan terhadap perubahan waktu dengan limit 49°C sampai dengan 50°C.



Gambar 15. Grafik karakteristik kendali suhu cairan terhadap perubahan waktu dengan limit 59°C sampai dengan 60°C.

Secara eksperimen alat kendali suhu cairan ini dapat bekerja dengan baik dan mengendalikan suhu cairan dari 27°C hingga 99°C. *Dead band* atau *delta set-point* terkecil dari alat kendali suhu ini adalah sebesar :

$$DB = UL - LL = 1 \dots\dots\dots(8)$$

dimana,

DB = *Dead band* atau *delta set-point*.

UL = *Upper Limit*/batas atas *set-point*.

LL = *Lower Limit*/batas bawah *set-point*.

Idealnya alat ini memiliki pendingin dan pemanas yang responnya sama sehingga dapat mengurangi nilai overshoot dan undershoot yang terjadi serta dapat mengendalikan suhu dari 0°C hingga 99°C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perancangan alat kendali suhu cairan dengan sistem kendali *On-Off* berbasis mikrokontroler AT90S8535 dapat disimpulkan :

- Dapat dirancang alat kendali suhu cairan dengan kendali *On-Off* menggunakan mikrokontroler AT90S8535 dengan tampilan suhu yang diinginkan dalam satuan derajat *celcius* dan *fahrenheit*.
- Alat kendali ini memiliki *delta set-point/sensitivitas* pengendalian terkecil sebesar 1°C dan batas pengendalian suhu sebesar 27°C - 99°C atau 80,6°F –210,2°F.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchlas., 1995, "**Karakteristik Transduser suhu Menggunakan Sensor Diode Silikon Berbasis Komputer Mikro**" Penelitian, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- [2] Rahyudi, W., 2003, "**Sistem Pengukur Dan Kontrol Suhu Berbasis Komputer Mikro Melalui Port Parallel**" Skripsi-S1, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- [3] Budianto, T.M., 2003, "**Perancangan Termometer Digital Berbasis Mikrokontroler 68HC11**" Skripsi-S1, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

- [4] Gunterus, F., 1994, "**Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses**" Penerbit PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [5] Ogata, K., 1996, "**Teknik Kontrol Otomatik**" Penerbit Erlangga.
- [6] Phillips, C.L., Harbor, R.D., 1996, "**Dasar-Dasar Sistem Kontrol**" Prentice Hall.
- [7] Kuo, B.C., 1995, "**Teknik Kontrol Otomatik**" Prentice Hall.
- [8] Petruzela, F.D., 2001, "**Elektronika Industri**" Penerbit Andi Yogyakarta.
- [9] <http://www.atmel.com>, AT90S8535 Reference Manual.
- [10] <http://www.National.com>, LM35 Precision Centrigade Temperature Sensors.
- [11] <http://www.SeikoInstrument.com>, LCM Liquid Crystal Display Modules.
- [12] <http://www.fairchildsemi.com>, Optoisolators Triac Driver Output.
- [13] Loveday, G.C., 1994, "**Pengujian Elektronika Dan Diagnosa Kesalahan**" Penerbit PT Elex Media Komputindo.
- [14] Coughlin, R.F., Driscoll, F.F., Soemitro, H.W., 1994, "**Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear**" Penerbit Erlangga.
- [15] Plant, M., Stuart, J., 1985, "**Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi**" Penerbit PT Gramedia, Jakarta.